

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 21 日現在

機関番号：32607  
 研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2009～2011  
 課題番号：21580312  
 研究課題名（和文）持続農業をめざした農畜産廃棄物の再資源化  
 研究課題名（英文）Reproduction of resources from animal and plant wastes for sustainable agriculture  
 研究代表者  
 皆川 秀夫（MINAGAWA HIDEO）  
 北里大学・獣医学部・講師  
 研究者番号：70146520

## 研究成果の概要（和文）：

持続農業を推進するため本研究は農畜産廃棄物（家畜排泄物＋作物残渣）の再資源化の技術開発に挑戦した。最初に、豚の尿汚水から簡易曝気法により作出した豚尿液肥に注目、これを連作長ネギ畑に散布したところ肥培効果および連作障害防止効果が認められた。これは同液肥の主成分であるカリウムによる根肥（ねごえ）効果が主因と推定した。次に牛、豚などの家畜糞に稲ワラなどの粗飼料を添加した家畜糞菌床を利用したキノコ（ヒラタケ）栽培に成功した。最後に、野菜の残渣処理が問題となるナガイモに注目、この残渣を粉末化し豚の飼料に添加したところ、その肉質が向上した。以上より、農畜産廃棄物の再資源化技術を駆使すれば、地域農業の資源循環システムが構築でき、持続農業の実現に寄与することがわかった。

## 研究成果の概要（英文）：

To create a sustainable agriculture, three reproductive technologies of biological waste from animal and vegetable productions were examined. Firstly a practical treatment of swine liquid manure was created in an aerated reactor and applied for crop productions as an activated fertilizer. Secondly an experiment to cultivate mushrooms in the bed of animal solid manure was tried as an alternative utilization of animal solid manure. At last the waste of yam potato was dried and powdered for an animal feed supplement. These recycling technologies from biological waste will be based on sustainable agriculture.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2010 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
総計	3,800,000	1,140,000	4,940,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学、農業環境工学

キーワード：バイオプロセッシング

## 1. 究開始当初の背景

わが国の畜産は、自動車や精密機械など工業製品の輸出の見返りとして無関税で輸入される膨大かつ格安な輸入飼料により大いに発展をしてきた。このため、飼料用農地をあえて必要としない養鶏・養豚を中心に経営規模の拡大が著しく進む一方、家畜の排泄物を農地に還元できず、これが糞尿処理問題、すなわち悪臭を含む深刻な環境問題を引き起こしている。

一方、わが国の耕種農業は、農産物の輸入自由化圧力の増大や農産物の安全性に関わる農薬の規制強化などを背景に、これまでの関税や補助金による「保護農業」、あるいは化学肥料や農薬を大量に投入した高コスト・高能率な「生産農業」からの変革を強いられている。

これらを解決する手段として農地の低負荷、食糧の安全、生態系の維持、国土の保全といった環境を重視する「持続農業」の推進が注目される。

しかし、持続農業の中核をなす家畜排泄物や作物残渣から作出した有機肥料を主体に使う「有機農業」は、わが国ではあまり発達していない。

この理由として、家畜排泄物や作物残渣の高度加工処理技術が進んでいないこと、畜産と耕種農業（稲作・畑作）との有機質資源の循環を基本とした耕畜連携が希薄であることが指摘できる。

## 2. 研究の目的

本研究は、畜産を核とした稲作・畑作との資源連携による土壤生態系や食の安全性を

重視した「持続農業」の実現をねらいとし、農畜産廃棄物（家畜排泄物+作物残渣）の再資源化の技術開発に挑戦するものである。具体的には次の3点を研究の重点とした。

- ①「家畜液肥による畑作物の肥培効果および連作障害防止効果の解明」
- ②「家畜糞を菌床に用いたキノコ栽培の実用化と野菜残渣の家畜飼料化」
- ③「地域農業における現存および潜在農畜産廃棄物の再資源化システムの構築」

## 3. 研究の方法

- ①「家畜液肥による畑作物の肥培効果および連作障害防止効果の解明」

<肥培効果>

十和田市藤坂地区のある農家の5年以上連作している長ネギ畑を実験対象とした。試験区は苗の定植日を異にする2慣行区と、豚尿液肥散布量が異なる2散布区との計4区である。すなわち、

- ・「慣行区1」(50m×15列, 面積8.0a, 定植月日5/6)
- ・「慣行区2」(50×15, 8.0, 6/16)
- ・「散布区1」(50×12, 6.5, 5/20, 散布量250L/10a)
- ・「散布区2」(50×18, 9.5, 5/20, 500L/10a)。

品種は「夏扇2号」、育苗長ネギの栽密度は畦間100cm×株間3cm(=33,000株/10a)である。豚尿液肥は育苗ネギを試験区に定植する前後の計2回噴霧器を用いて土壤面に散布した。各試験区は通常の化学肥料・農薬を散布した。豚尿液肥は十和田市内の養豚場で製造されたもので、その化学成分はカリウムが豊富である。

各試験区に 1m×1m の調査区を 4 隅と中心の計 5 ヶ所設置、2009 年 6 月～9 月、毎週 1 回長ネギの生長量（草高と茎径）を調べた。11 月の収穫時、慣行区および散布区の収量と病害を調べた。

#### <連作障害防止効果>

さらに、畑作物の連作障害に係わる微生物群集および土壌動物を探索した。分子生物学的手法である PCR 法および FISH 法を用い、家畜液肥および土壌の微生物群集の動態を DNA レベルで把握し、畑作物の連作障害と微生物群集との関係を追求した。また、土壌動物（昆虫、線虫など）の動態も、主として光学顕微鏡を用いた観察により調査した。

## ②「家畜糞を菌床に用いたキノコ栽培の実用化と野菜残渣の家畜飼料化」

### <キノコ栽培>

家畜糞の処理は堆肥化以外に、焼却化、炭化が知られている。本研究では家畜糞の新しい処理方法あるいは有効利用として家畜糞を菌床に用いたキノコ栽培を試みた。

北里大学付属農場で飼育されるヤギ（シバヤギ、成雌）、馬（軽種、成雌）、豚（ランドレース・デュロックの 2 元交配種、育成）、牛（日本短角種、成雌）と、十和田市内の養鶏場で飼育される鶏（採卵種、育成）との計 5 種類の家畜を対象に、それぞれ排せつ後、2～3 時間以内の新鮮糞を採取した。

生糞の滅菌と糞密度の均一化とを図るため、電気恒温器を用いて 120℃で 48 時間乾燥した後、さらに 24 時間風乾し、ミキサーで粉砕した。この粉砕した乾燥糞を更にフルイ（0.5 mm 目）にかけ、残った粒子を再度ミキサーで破砕し、乾燥糞を粉末化した。

家畜糞を菌床に用いたキノコ栽培では粗繊維の不足や通気性の問題が指摘されたため、この改善材料として北里大学のヤギ・牛

に給餌される粗飼料（稲ワラ 5：イタリアンライグラス 3：チモシー 2）を用いた。

品種としてヒラタケ (*Pleurotus ostreatus*) とシイタケ (*Lentinula edodes*) の 2 種の種菌を使用した。各家畜糞において糞 100%の菌床と、さらに菌糸生長が良好であった 10%粗飼料を加えた糞 90%粗飼料 10%の菌床との 2 種類を対象にキノコ栽培を行った。

各菌床を培養ビン（ガラス製、450mL）の底より 8cm 高さま入れ、蒸留水を加え水分 65%に調整した後、高圧滅菌（120℃、90 分）した。その後、種菌を接種し、脱脂綿で培養ビンの開口部を被覆し、気温 18～20℃、湿度 80～90%のキノコ培養装置で培養した。

培養は、菌が培養ビン全体を覆ったところで発生操作（菌かき、給水）を行い、子実体の発芽を促した。また、発生操作後はキノコ培養装置の気温を 15℃前後に低下し、湿度も 90%以上とやや高く設定した。子実体が発生し 1 週間が経過後、子実体のカサが 2～3cm になると収穫、生重量と乾物重をそれぞれ測定した。

### <野菜残渣>

青森県で野菜残渣処理が問題となっているが、青森県営農大学の協力を得て、ナガイモ残渣を粉末化し、これを豚の飼料に添加、豚の肉質への効果を探った。

青森県南部地方は夏季、冷涼な気候として知られ、これに適した野菜であるナガイモやニンニク、ゴボウなどの根茎野菜の栽培が盛んである。しかし、加工時、これらの野菜から大量に発生する野菜残渣の処理が大きな問題となっています。とりわけ、ナガイモはカット部分が大きく、年間 6000t もの残渣が発生、これは野菜全体の残渣の 60%を占める。

そこで、青森県営農大学の協力を得て、このナガイモ残渣をロータリーキルンで減圧、70℃の環境で粉末化した。さらにこれを

豚の飼料に重量比 5%区分で 0~15%添加し、肥育豚を対象に増体重および肉質を検討、最適な添加割合を調べた。1群4頭（去勢雄、雌各2頭）で群飼し、体重 50 kg時点~出荷体重 110 kgまで肥育、飼料は不断給与とし、飲水は自動飲水器により自由摂取とした。

③「地域農業における現存および潜在農畜産廃棄物の再資源化システムの構築」

これらの成果をもとに、青森県十和田市を地域農業の対象に、市内に現存・潜在する農畜産廃棄物の数量を調査し、再資源化に必要なエネルギーやコストを算出、もって最適な資源循環システムの数学モデルを構築した。

4. 研究成果

①「家畜液肥による畑作物の肥培効果および連作障害防止効果の解明」

<肥培効果>

青森県十和田市の5年以上の連作長ネギ畑を対象に養豚農場で作出された豚尿液肥を長ネギ定植前に散布、化学肥料同一条件のもと、液肥の散布区と無散布区とで長ネギの肥培効果と病害防止効果とを調べた。

長ネギを収穫後、選別・洗浄・成形した加工後の商品収量を規格別の10a当りの株数・重量として表1と表2とにそれぞれ示した。

表1. 長ネギの商品株数 (2009年11月) (株/10a)

階級	全体	2L	L	M
慣行区 1	30,000 (91% 100%)	6,900 (23%)	23,100 (77%)	
慣行区 2	31,000 (94% 100%)	8,400 (27%)	18,900 (61%)	3,700 (12%)
散布区 1 (250 L/10a)	31,000 (94% 100%)	21,700 (70%)	9,300 (30%)	
散布区 2 (500 L/10a)	32,000 (97% 100%)	23,000 (72%)	9,000 (28%)	

表2. 長ネギの商品重量 (2009年11月) (kg/10a)

階級	全体	2L	L	M
慣行区 1	3,720 (77% 100%)	1,150 (31%)	2,570 (69%)	
慣行区 2	3,810 (79% 100%)	1,410 (37%)	2,100 (55%)	300 (8%)
散布区 1 (250 L/10a)	4,660 (96% 100%)	3,620 (78%)	1,040 (22%)	
散布区 2 (500 L/10a)	4,830 (100% 100%)	3,830 (79%)	1,000 (21%)	

株数は定植時 33,000 株/10a (100%) であったが、慣行区で 6%~9%、散布区ではそれより少なく 3%~6%の減少が認められた。階級に注

目すると慣行区 1・2 ではいずれも L の本数が 60%~80%を占めたのに対し、散布区 1・2 では 2L の本数が 70%を占め、慣行区と散布区とで顕著な差異を生じた。重量でも散布区は慣行区に比し約 20%上回り、かつ散布量が多いほど重量が増大した。

収穫前の長ネギの病害の種類とその割合を表 3 に示した。

表3. 収穫前の病害の種類と割合 (2009年11月) (株/10a)

	慣行区 (1+2)	散布区 1 (250 L/10a)	散布区 2 (500 L/10a)
正常株	29,887 (97.4%)	31,229 (95.9%)	31,636 (95.6%)
萎凋病株	55 (0.2%)	66 (0.2%)	44 (0.1%)
黒斑病株	737 (2.4%)	1,276 (3.9%)	1,430 (4.3%)
全体	30,679 (100.0%)	32,571 (100.0%)	33,110 (100%)

黒斑病と萎凋病の2種類が確認された。黒斑病は散布区が慣行区よりも 60%~80%多かった。しかし黒斑病は一般に出荷への影響は少なく重大な病気といえない。むしろ萎凋病が最も警戒する病気である。萎凋病の罹患率は散布区 2 で 0.1%、慣行区 (1+2) および散布区 1 の 0.2%より半減した。散布量に依存するが豚尿液肥の病害抑制効果があることが示唆された。

以上の結果より、連作長ネギ畑において、豚尿液肥の散布により、等級 2L 増大、重量 20%増加、萎凋病罹患率半減の効用が認められた。豚尿液肥に多量に含まれるカリウムが肥培効果や病害抑制効果に関与しているものと推定した。

<連作障害の解明>

長ネギ萎凋病の主因となる糸状菌 (Fusarium) を PCR 法と FISH 法により探索したところ、散布土壌と無散布土壌とで糸状菌の密度差はなく、さらに林地土壌に比べ長ネギ土壌のほうがその密度は僅少であった。農薬が糸状菌の密度に大きな影響を与えていることがわかった。

②「家畜糞を菌床に用いたキノコ栽培の実用

化と野菜残渣の家畜飼料化」

<キノコ栽培>

家畜糞（牛・豚・鶏・馬・ヤギ）を菌床に用いた食用キノコの栽培を試みた。新鮮な家畜糞を滅菌、乾燥、粉末にしたものに乾燥・裁断した牧草を重量比 10%加え混合した菌床を作製した。これに種菌（ヒラタケ・シイタケ）を添加、菌床の水分・温度・湿度を調節して培養したところ鶏糞を除く家畜糞からヒラタケの子実体を得た（図 1、表 4）。しかしシイタケは鶏糞を除き菌糸の発達が認められたものの子実体を得ることができなかった。鶏糞の失敗は糞中の尿素（アンモニア）残留が原因と推定した。



図 1. 豚糞菌床で収穫されたヒラタケ

表 4. ヒラタケの栽培結果

栽培容器	菌床材料	発生操作(日数)	栽培期間(日数)	収穫期間(日数)	子実体有無	子実体重量[g]	二度目発芽
A	ヤギ糞のみ	x	-	-	x	-	x
B	ヤギ糞+粗飼料	49	86	-	o	-	x
C	ヤギ糞+粗飼料	x	-	-	x	-	x
D	馬糞のみ	55	68	8	o	9.86	o
E	馬糞+粗飼料	自然発芽	48	6	o	13.12	o
F	馬糞+粗飼料	自然発芽	44	8	o	12.86	x
G	豚糞のみ	自然発芽	45	7	o	33.62	x
H	豚糞+粗飼料	31	38	8	o	27.54	x
I	豚糞+粗飼料	自然発芽	40	6	o	12.55	o
J	牛糞のみ	47	58	-	o	-	x
K	牛糞+粗飼料	55	77	9	o	7.52	x
L	牛糞+粗飼料	54	52	11	o	5.25	x
M	鶏糞のみ	x	-	-	x	-	x
N	鶏糞+粗飼料	x	-	-	x	-	x

<野菜残渣>

青森県の野菜残渣処理で問題となっているナガイモ残渣を粉末化し、これを豚の飼料に重量比 5%区分で 0~15%添加したところ、添加により肉質がやわらかく旨みが著しく増大、5%添加区が最適であることがわかった

(表 5)。

表5. ナガイモ残渣を添加した配合飼料による肥育豚の生育と肉質

ナガイモ残渣粉末の添加割合(%)	日飼料要求率(日飼料摂取量/日増体重)	背脂肪厚(cm)	平均肉色度(1 to 6)	平均脂肪色度(1 to 4)	平均枝肉価格(円/頭)
無添加(0%)	3.47 (100*)	3.0 (100)	3.5 (100)	1.9 (100)	34,216 (100)
5%	3.29 (95)	3.2 (107)	3.9 (111)	1.5 (79)	35,715 (104)
10%	3.63 (105)	3.2 (107)	3.5 (100)	1.4 (74)	34,541 (101)
15%	3.48 (100)	3.6 (120)	3.4 (97)	1.3 (68)	33,761 (99)

\*=無添加を100とした相対値

③ 「地域農業における現存および潜在農畜産廃棄物の再資源化システムの構築」

青森県上十三地域において、豚尿汚水から作出された液肥を農地還元できれば、同地域で飼養される成豚（約 250 万頭/年）から排出される豚尿汚水の約 70%を農地に有効利用できることがわかった。また同地域のナガイモ残渣（約 3 千 t/年）を粉末化し、その全量を豚の飼料に添加できうることも判明した。これより豚尿汚水から作出する「液肥」を核として養豚農家と畑作農家との循環型農業の実現の可能性がでてきた。

同時に家畜糞を菌床にしたキノコ栽培により、付加価値の高い農業生産ができることがわかり、農畜産廃棄物の資源循環技術を基礎とした地域農業における持続農業の実現の可能性が示された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① Minagawa H, Yoshida S, Yoshioka T, Doi T, and Tanaka K, Growth and disease control of Welsh onion in continuous cropping fields with application of an aerobically digested swine liquid fertilizer, Proc. of 34<sup>th</sup> CIOSTA and 5<sup>th</sup> CIGR Joint Conference 2011, held in

Vienna - Austria, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, 29 Jun to 1 July, Reviewed (査読有)、2011、CD-ROM、1-7

- ② Minagawa H、 Doi T、 Sakata H、 and Nagai M、 Mushroom cultivation on the substrates with different animal feces and supplementary hay combinations、 Eco-Engineering、 Reviewed (査読有)、 Vol. 22、 No. 2、 2010、 69-75
- ③ Minagawa H、 Sato M、 Sano K、 and Hirabayashi T、 Mushroom cultivation on the substrate made of goat feces and supplementary hay、 Eco-Engineering、 Reviewed (査読有)、 Vol. 22、 No. 2、 2010、 63-68

[学会発表] (計3件)

- ① 皆川秀夫、金井克仁、田中勝千、豚尿液肥散布による長ネギの肥培効果および病害抑制効果、日本農業気象学会 2012 年全国大会講演要旨、2012. 03. 16、75
- ② Minagawa H、 Yoshida S、 Yoshioka T、 Doi T、 and Tanaka K、 Growth and disease control of Welsh onion in continuous cropping fields with application of an aerobically digested swine liquid fertilizer、 34<sup>th</sup> CIOSTA and 5th CIGR Joint Conference 2011、29 June to 1 July、 2011、 Vienna - Austria、 University of Natural Resources and Applied Life Sciences、 Poster、 1
- ③ 皆川秀夫、吉田伸志、吉岡大貴、土肥哲哉、田中勝千、連作長ネギ畑における豚尿液肥散布による長ネギの肥培効果および病害抑制効果、2009 生態工学会年次大会発表論文集、2010. 05. 15、13-14

[その他]

ホームページ等

<http://www.kitsasato-u.ac.jp/vmas/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

皆川 秀夫 (MINAGAWA HIDEO)

北里大学・獣医学部・講師

研究者番号：70146520